

大規模複合構造物の接合部におけるシアコネクタのせん断伝達耐力

首都高速道路公団 正会員 川田 成彦, 白鳥 明, 正会員 ○小島 直之
 鹿島・熊谷・竹中土木特定建設工事共同企業体 正会員 森口 敏美
 鹿島建設（株） 正会員 山中 宏之, 正会員 一宮 利通, 正会員 吉田健太郎

1. はじめに

首都高速中央環状新宿線では、図－1に示すように本線シールドトンネル（鋼殻セグメントを使用）の一部を切開き、RC 躯体と接合して本線と出入口の分岐合流部を構築する「切開き工法」を採用している。この接合部は、鋼殻セグメントの縦リブを利用した平鋼のシアコネクタを配置する複合構造である。

当初、接合部の設計に当たっては「鋼・コンクリートサンドイッチ構造設計指針（案）」¹⁾（以下、指針（案））に示される設計式を適用することを前提に、実物大のシアコネクタを用いた2面押し抜きせん断試験を実施して、設計式の適用性について検討を行ってきた²⁾。その結果、シアコネクタが複数枚の場合、設計式に比べて大きな耐力を有することが確認された。そこで、より合理的な設計を行うために、追加の2面押し抜きせん断試験を実施して、前回の実験結果も含めて、設計式の見直しについて検討を行った。

2. 試験概要

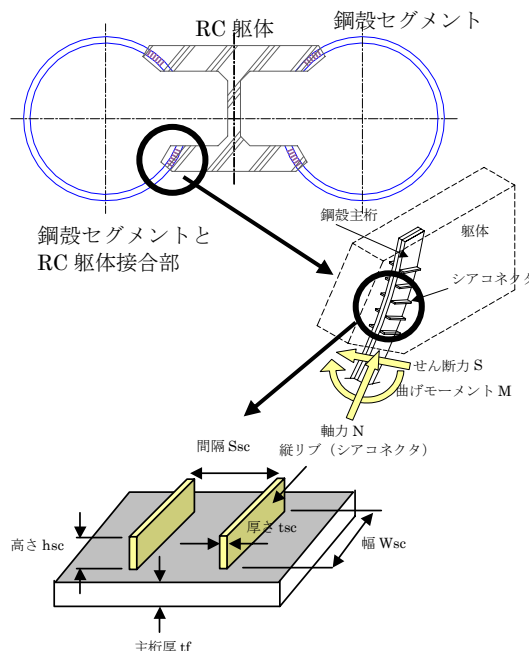
式（1）に、指針（案）におけるシアコネクタのせん断伝達耐力の設計式（コンクリートが破壊する場合）を示す。

$$V_{scd} = \frac{17.85 h_{sc} W_{sc} f'_{cd} \frac{1}{2} k_1 k_2 k_3}{\gamma_{b1}} \quad (1)$$

ここに、 $k_1=2.2(t_{sc}/h_{sc})^{2/3}$ ：シアコネクタの剛性に関する係数、 $k_2=0.4(t_f/t_{sc})^{1/2}+0.43$ ：シアコネクタの回転拘束の影響を表す係数、 $k_3=(s_{sc}/h_{sc}/10)^{1/2}$ ：シアコネクタの間隔の影響を表す係数（ただし、 k_1 、 k_2 、 k_3 とも1以下）、 f'_{cd} ：コンクリートの設計圧縮強度(kgf/cm²)、 h_{sc} ：シアコネクタの高さ(cm)、 W_{sc} ：作用せん断力と直角方向のシアコネクタの幅(cm)、 t_f ：シアコネクタが付いている鋼板の厚さ(cm)、 t_{sc} ：シアコネクタの厚さ(cm)、 s_{sc} ：作用せん断力方向のシアコネクタの間隔(cm)、 γ_{b1} ：部材係数（一般に1.3としてよい）。

表－1に、前回の実験（S1～3、M1～3）および今回追加で行った実験（M4～6）の概要を示す。前回の実験では、シアコネクタが複数枚の試験体の耐力は設計式による算定値に比べて大きく、シアコネクタの間隔が耐力の低減に与える影響が設計式に比べて小さい傾向を示した²⁾。これは、設計式を構築する基となった実験と本検討における実験の載荷方法や主桁とコンクリートの剛性比の違いによって、各シアコネクタから伝達されるせん断力の分布が異なるためと考えられた。そこで、シアコネクタの間隔、枚数および主桁厚をパラメータとした試験体（M4～6）の追加実験を行った。ただし、主桁厚はいずれもシアコネクタ厚に対して十分に厚く、設計式では k_2 による耐力の低減はない範囲である。また、前回の実験では試験機の制約から破壊に至らなかった試験体（M1～3）²⁾についても今回再試験を行い、最大荷重を確認した。

試験体は、H 鋼フランジを鋼殻主桁にみたと図－2に示す2面押し抜き試験体とし、鉄筋は耐力に影響を与えない範囲でひび割れ防止筋として配置した。載荷は繰返し載荷を行わない単調載荷とした。



図－1 トンネル拡幅部概要図

表－1 試験パラメータと試験結果

ケース	仕様					計算値			試験結果			試験結果の計算値に対する比率		
	主桁厚	シアコネクタ間隔	シアコネクタ厚	段数	枚数 (段数×2)	設計終局せん断耐力 (部材係数考慮)	終局せん断耐力 (部材係数無視)	$k_3=1$ とした終局せん断耐力 (部材係数無視)	最大荷重	補正※ 最大荷重	補正※ 最大荷重 (1枚当り)	設計終局せん断耐力 (部材係数考慮) に対する比率	終局せん断耐力 (部材係数無視) に対する比率	$k_3=1$ とした終局せん断耐力 (部材係数無視) に対する比率
	cm	cm	cm	段	枚	kN	kN	kN	kN	kN	kN	—	—	—
S1	6.2	—	1.1	1	2	1098	1432	1432	1771	1771	886	1.61	1.24	1.24
S2	6.2		2.5	1	2	1922	2490	2490	2499	2499	1250	1.30	1.00	1.00
S3	6.2		3	1	2	2158	2804	2804	2593	2593	1297	1.20	0.92	0.92
M1	6.2	18	1.1	4	8	1882	2440	5728	6623	5372	671	2.85	2.20	0.94
M2	6.2	27	1.1	4	8	2303	2989	5728	6548	5311	664	2.31	1.78	0.93
M3	6.2	36	1.1	4	8	2656	3449	5728	7176	5821	728	2.19	1.69	1.02
M4	3.0	36	1.1	4	8	2656	3449	5728	6487	5980	748	2.25	1.73	1.04
M5	3.0	36	1.1	6	12	3981	5177	8592	8494	7808	651	1.96	1.51	0.91
M6	3.0	18	1.1	6	12	2814	3667	8592	6943	6321	527	2.25	1.72	0.74

※補正最大荷重：最大荷重を試験体のコンクリート圧縮強度と設計圧縮強度 30N/mm^2 の関係から補正した値

3. 試験結果

前回の実験（S-1～3, M1～3）および今回追加で行った実験（M4～6）の最大荷重と設計式による計算値の比率を表－1に示す。いずれの試験体も、設計で想定した通り、最大荷重後にコンクリート側での破壊となった。

シアコネクタが複数段となった場合の、耐力とシアコネクタ間隔の関係を図－3に示す。試験体の最大荷重は部材係数を考慮しない終局せん断耐力を大きく上回る結果となった。この試験体の最大荷重は、シアコネクタ間隔の影響による耐力の低減を見込まない $k_3=1$ とした場合（図－3のシアコネクタ間隔が 100cm 以上）の耐力と近い値であった。このため、試験体の最大荷重の $k_3=1$ とした終局せん断耐力（＝式（1）， $k_3=1$ ， $\gamma_{b1}=1$ ）に対する比率とシアコネクタ間隔の関係を図－4に整理した。図には、ばらつきを確認するため、 $\gamma_{b1}=1.3$ を参考にして $0.77(=1/1.3) \sim 1.3$ の範囲を示した。シアコネクタ間隔が小さく枚数が多いケース M6 では、上記の範囲を若干下回ったが、それ以外は試験体の最大荷重を評価できることを確認した。

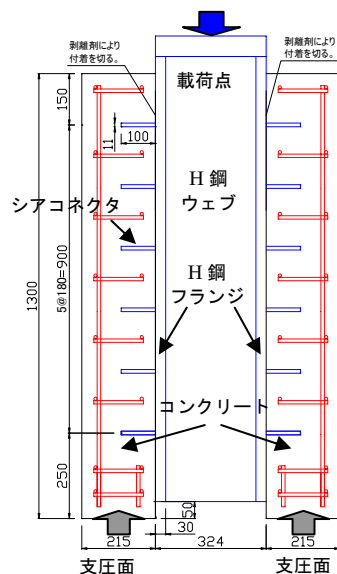
4. まとめ

本試験では、設計式において $k_3=1$ として、シアコネクタの間隔の影響による耐力の低減を見込まない方が、試験体の耐力を合理的に評価できることを確認した。

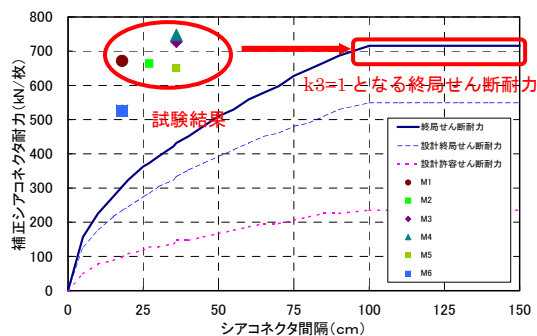
ただし、本試験でもケース M6 のようにシアコネクタ間隔が小さく、枚数が多くなると耐力の低下が見られることから、 $k_3=1$ とみなせる範囲の設定に対しては配慮が必要である。実構造物の設計に当たっては、この適用範囲を確認すること、また、実構造物では今回実験を行ったものと境界条件が異なるケースがあるため、その影響等についても確認することが今後の課題である。

参考文献

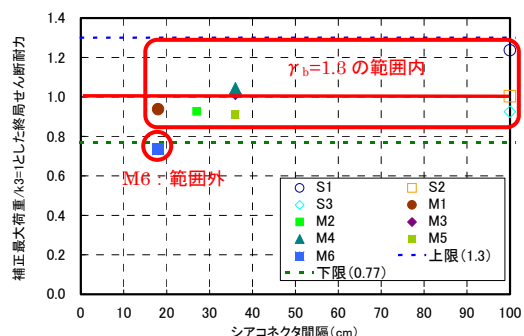
- 1) 土木学会：鋼・コンクリートサンドイッチ構造設計指針（案），pp.17-20，1992.7.
- 2) 大場ら：大規模複合構造の接合部におけるシアコネクタの検討，土木学会第 58 回年次学術講演会，VI-170，pp.339-340，2003.9.



図－2 試験体形状（M6）



図－3 耐力とシアコネクタ間隔の関係

図－4 試験体耐力と $k_3=1$ とした終局せん断耐力の比率とシアコネクタ間隔の関係